

A circular black ink stamp from the Office of Intellectual Property (OIPE). The text "OIPE" is at the top, "JCT39" is at the top right, "DEC 23 2003" is in the center, and "PATENT & TRADEMARK OFFICE" is at the bottom. The number "008" is visible at the top right edge of the stamp.

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

December 22, 2003

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS

2003-314422 filed September 5, 2003.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our New York office by telephone at (212) 218-2100. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,



Attorney for Applicants

Registration No. 42478

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

NY_MAIN 393748v1

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 9 月 1 3 日
Date of Application:

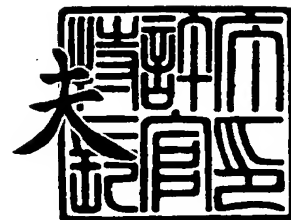
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 6 8 8 3 2
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 2 6 8 8 3 2]

出 願 人 キヤノン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 4803012

【提出日】 平成14年 9月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 7/00

【発明の名称】 画像表示装置、及び画像表示方法、計測装置、及び計測方法

【請求項の数】 24

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府京都市西京区川島有栖川町 8 2 - 2 アルカディア A

 【氏名】 横小路 泰義

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府久世郡久御山町西一口新道裏 7 8

 【氏名】 中津留 智泰

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府宇治市折居台三丁目 2 - 8 0

 【氏名】 衛藤 大亮

【発明者】

 【住所又は居所】 奈良県奈良市朱雀 1 - 1 0 - 1

 【氏名】 吉川 恒夫

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会社 社内

 【氏名】 佐藤 清秀

【特許出願人】

 【識別番号】 000001007

 【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100076428
【弁理士】
【氏名又は名称】 大塚 康德
【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

【識別番号】 100112508
【弁理士】
【氏名又は名称】 高柳 司郎
【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

【識別番号】 100115071
【弁理士】
【氏名又は名称】 大塚 康弘
【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

【識別番号】 100116894
【弁理士】
【氏名又は名称】 木村 秀二
【電話番号】 03-5276-3241

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003458
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0102485

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像表示装置、及び画像表示方法、計測装置、及び計測方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 車両のフロントウィンドウ部に当該車両の搭乗者に対して提示する画像を表示させる表示装置を備える画像表示装置であって、

世界座標系における前記車両の位置、方位を計測する車両計測手段と、

前記車両内で定義される座標系における、前記車両の搭乗者の頭部の位置を計測する頭部計測手段と、

前記フロントウィンドウ部において、前記車両計測手段により計測された前記車両の位置、方位と、前記頭部計測手段により計測された前記頭部の位置に応じた位置に、前記画像が表示されるように、前記表示装置を制御する制御手段と

を備えることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 2】 前記車両計測手段は更に、前記車両の外界を撮像する外界撮像手段を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 3】 前記車両計測手段は、前記外界撮像手段により撮像された前記外界の画像に含まれる指標の当該画像における位置を求め、求めた位置に基づいて世界座標系における前記車両の位置、方位を計測することを特徴とする請求項 2 に記載の画像表示装置。

【請求項 4】 前記車両計測手段は更に、前記車両の後ろの左右の車輪の回転速度を計測する回転速度計測手段を備え、

前記車両計測手段は、前記外界撮像手段により撮像された前記外界の画像に含まれる指標の当該画像における位置を求め、求めた位置と、当該回転速度計測手段により計測された回転速度に基づいて世界座標系における前記車両の位置、方位を計測することを特徴とする請求項 2 に記載の画像表示装置。

【請求項 5】 前記頭部計測手段は更に、前記車両の搭乗者の頭部を撮像する頭部撮像手段を備え、

当該頭部撮像手段により撮像された前記搭乗者の頭部の画像に含まれる指標の当該画像における位置を求め、求めた位置に基づいて前記車両内で定義される座

標系における、前記車両の搭乗者の頭部の位置を計測することを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 6】 前記画像は、ナビゲーション情報を示す画像であることを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 7】 前記車両計測手段は、非ホロノミック拘束を用いて前記車両の位置、方位を計測することを特徴とする請求項 1 に記載の画像表示装置。

【請求項 8】 車両に搭載され、当該車両の世界座標系における位置、方位を計測する計測装置であって、

当該車両の外界を撮像する外界撮像手段と、

当該外界撮像手段により撮像された前記外界の画像に含まれる指標の当該画像における位置を求める位置計算手段と、

前記位置計算手段により求めた前記指標の前記画像における位置に基づいて、世界座標系における前記車両の位置、方位を計測する位置方位計測手段と

を備えることを特徴とする計測装置。

【請求項 9】 更に、前記車両の後ろの左右の車輪の回転速度を計測する回転速度計測手段を備え、

前記位置方位計測手段は更に、当該回転速度計測手段により計測された回転速度を用いて、世界座標系における前記車両の位置、方位を計測することを特徴とする請求項 8 に記載の計測装置。

【請求項 10】 撮影装置あるいは撮影装置を装着した物体の位置及び姿勢の計測を、該撮影装置によって撮影された撮影画像上における指標の検出によって行う計測装置であって、

隠蔽されることなく前記撮影画像上で観測されるであろう指標を選択する指標選択手段を有し、

選択された指標の情報に基づいて前記撮影装置あるいは撮影装置を装着した物体の位置及び姿勢を計測することを特徴とする計測装置。

【請求項 11】 前記指標選択手段は、
前記指標各々に関する情報を保持する指標情報保持手段と、
前記指標情報保持手段が保持する前記指標各々に関する情報に基づいて前記指

標各々の隠蔽の有無を判定する隠蔽判定手段をさらに有し、

隠蔽されていないと判定された指標を選択することを特徴とする請求項 1 0 に記載の計測装置。

【請求項 1 2】 前記指標情報保持手段には、各指標を検出するためのテンプレートを撮影した際の前記撮影装置あるいは前記物体の位置姿勢情報が少なくとも保持されており、

前記隠蔽判定手段は、前記指標情報保持手段が保持する前記撮影装置あるいは前記物体の位置姿勢情報と前記撮像装置あるいは前記物体の位置姿勢の推定値との比較によって隠蔽の有無を判定することを特徴とする請求項 1 1 に記載の計測装置。

【請求項 1 3】 前記指標情報保持手段には、前記指標各々の向きに関する情報が少なくとも保持されており、

前記隠蔽判定手段は、前記指標情報保持手段が保持する前記指標各々の向きに関する情報と前記撮像装置の向きの推定値との比較によって隠蔽の有無を判定することを特徴とする請求項 1 1 に記載の計測装置。

【請求項 1 4】 前記指標情報保持手段には前記指標各々の位置が少なくとも保持されており、

前記隠蔽判定手段は、前記指標各々の位置と前記撮像装置の位置姿勢の推定値と現実空間の形状情報に基づいて隠蔽の有無を判定することを特徴とする請求項 1 1 に記載の計測装置。

【請求項 1 5】 車両のフロントウィンドウ部に当該車両の搭乗者に対して提示する画像を表示させる表示装置を備える画像表示装置が行う画像表示方法であって、

世界座標系における前記車両の位置、方位を計測する車両計測工程と、

前記車両内で定義される座標系における、前記車両の搭乗者の頭部の位置を計測する頭部計測工程と、

前記フロントウィンドウ部において、前記車両計測工程で計測された前記車両の位置、方位と、前記頭部計測工程で計測された前記頭部の位置に応じた位置に、前記画像が表示されるように、前記表示装置を制御する制御工程と

を備えることを特徴とする画像表示方法。

【請求項 16】 車両に搭載され、当該車両の世界座標系における位置、方位を計測する計測方法であって、

当該車両の外界を撮像装置を用いて撮像する外界撮像工程と、

当該外界撮像工程で撮像された前記外界の画像に含まれる指標の当該画像における位置を求める位置計算工程と、

前記位置計算工程で求めた前記指標の前記画像における位置に基づいて、世界座標系における前記車両の位置、方位を計測する位置方位計測工程と

を備えることを特徴とする計測方法。

【請求項 17】 撮影装置あるいは撮影装置を装着した物体の位置及び姿勢の計測を、該撮影装置によって撮影された撮影画像上における指標の検出によって行う計測方法であって、

隠蔽されることなく前記撮影画像上で観測されるであろう指標を選択する指標選択工程を有し、

選択された指標の情報に基づいて前記撮影装置あるいは撮影装置を装着した物体の位置及び姿勢を計測することを特徴とする計測方法。

【請求項 18】 前記指標選択工程は、

前記指標各々に関する情報をメモリに保持する指標情報保持工程と、

前記メモリが保持する前記指標各々に関する情報に基づいて前記指標各々の隠蔽の有無を判定する隠蔽判定工程をさらに有し、

隠蔽されていないと判定された指標を選択することを特徴とする請求項 17 に記載の計測方法。

【請求項 19】 前記メモリには、前記指標各々の向きに関する情報が少なくとも保持されており、

前記隠蔽判定工程では、前記メモリが保持する前記指標各々の向きに関する情報と前記撮像装置の向きの推定値との比較によって隠蔽の有無を判定することを特徴とする請求項 18 に記載の計測方法。

【請求項 20】 コンピュータを請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載の画像表示装置として機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項 2 1】 コンピュータを請求項 8 乃至 1 4 の何れか 1 項に記載の計測装置として機能させることを特徴とするプログラム。

【請求項 2 2】 コンピュータに請求項 1 5 に記載の画像表示方法を実行させることを特徴とするプログラム。

【請求項 2 3】 コンピュータに請求項 1 6 乃至 1 9 の何れか 1 項に記載の計測方法を実行させることを特徴とするプログラム。

【請求項 2 4】 請求項 2 0 乃至 2 3 の何れか 1 項に記載のプログラムを格納するコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、車両のフロントウィンドウ部に当該車両の搭乗者に対して提示する画像を表示させる表示装置を備える画像表示装置、及び画像表示方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

カーナビゲーションシステム（以下カーナビ）は、近年の高機能化や低価格化などによりその普及が進んでいる。ITS（Intelligent Transport Systems）の進展に伴い、カーナビディスプレイは、ナビゲーション情報以外にも運転者を補佐するさまざまな情報を提示する端末としての役割を担うことが期待されている。

【0003】

しかし、従来のカーナビは、運転者がディスプレイを見るためには一度視線を車内に向けなければならなかった。したがって、ディスプレイを見ている間は道路の状況を周辺視によってでしか把握することが出来ず、前方への注意が一瞬途切れてしまうという問題があった。

【0004】

この問題を解決する技術に、HUD（Head Up Display）がある。HUDは、車両のフロントウィンドウ上に画像を投影表示する装置である。これにより、実シーンから視線をそらすことなくナビゲーション情報を獲得することが可能となる。

【0005】

また、従来のカーナビは、ディスプレイに提示されるナビゲーション情報（多くの場合、地図上に重畳表示される）と実シーンとの関連付けを運転者自身が行わなくてはならず、直感的に理解しにくいという問題があった。

【0006】

この問題に対して従来技術では、「On-the-Scene HUD」と称する装置が提案されている。On-the-Scene HUDは、車両のフロントウィンドウをシースルーディスプレイとみなして、運転者が必要とするナビゲーション情報が実シーン上の適切な位置に重畳して観察されるように、フロントウィンドウ上にナビゲーション情報を提示するものである（例えば、非特許文献1を参照）。

【0007】

On-the-Scene HUDを用いれば運転者がより短い時間でナビゲーション情報を認識できることが、上記非特許文献1には示されている。しかし、ナビゲーション情報を実シーン上の適切な位置に重畳して提示するための具体的な位置合わせ方法については示していなかった。

【0008】

一般に、実シーン上の所定の位置に所定の情報を重畳して表示する技術は、複合現実感技術と呼ばれている。複合現実感提示装置の一般的構成では、観察者は透過型のHMD（Head Mounted Display）を頭部に装着することで、ディスプレイ上に表示される画像と、ディスプレイ越しに観察される実シーンを同時に観察することができる。このとき、実シーン上の所定の位置に所定の像を重畳するためには、実シーン中における観察者の視点の位置及び姿勢を計測し、それに従った画像を生成する必要がある。

【0009】

観察者の視点の位置及び姿勢の計測は、様々な方法によって行うことができる。HMDに磁気センサや超音波センサを装着する方法が一般的であるが、磁気や超音波の発生源を実シーン中に設置する必要があるため、観察者の移動可能範囲が限定されるという問題がある。また、これらの方法は、十分な計測精度が得られないという問題も有している。

【0010】

一方、計測範囲の制限を受けず、高い精度で視点の位置及び姿勢の計測可能な方法として、HMDにビデオカメラを装着し、撮影された映像から実シーン中の指標を検出し、それに基づいて視点の位置及び姿勢を計測する方法が提案されている。例えば従来では、画像上から抽出した指標の画像座標を拡張カルマンフィルタへの入力として用いることで、視点の位置及び姿勢を状態変数として推定している（例えば、非特許文献2を参照）。

【0011】

しかし、上記のようなHMDを用いた複合現実感提示装置における位置合わせ手法によって、On-the-Scene HUDにおける位置合わせを実現することは出来ない。これは、HMDでは観察者の視点が表示に固定されているのに対して、HUDでは観察者（運転者）の視点とディスプレイの相対的な位置関係が固定されていないことに起因する。

【0012】

ディスプレイと視点との位置関係が固定されていないタイプの複合現実感提示装置は、例えば従来では、位置合わせを行うためには、実シーン中におけるディスプレイ面の位置及び姿勢と、ディスプレイ面に対する観察者の位置の計測が必要であることが示されている（例えば、特許文献1を参照）。

【0013】

一方、車両の位置及び方位の計測に関しては、GPS（Global Positioning System）と慣性航法に基づいた車両計測装置が、従来のカーナビにおいて利用されている。

【非特許文献1】

J.Fukano, S.Okabayashi, M.Sakata: Automotive Head-Up Displays for Navigation Use, The 14th International Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles, no.94-S2-0-02, pp.306-314, 1994.

【非特許文献2】

横小路泰義, 菅原嘉彦, 吉川恒夫: 画像と加速度計を用いたHMD上での映像の正確な重ね合わせ, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol.4, no.4, pp.58

9-598, 1999.

【特許文献 1】

特開 2000-276613 号公報

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記特許文献 1 に記載の装置は、表示部を手保持して使用することを前提とした装置であって、表示部の位置及び姿勢の計測は磁気センサや超音波センサを用いることを想定しており、広範囲を移動する車両の計測を行う手法は示されていなかった。

【0014】

また、上記非特許文献 2 に記載の手法は、任意の位置及び姿勢をとりうる人間の頭部を計測するための手法であるために解の自由度が大きく、誤った推定値を出力する場合があるという問題を有していた。

【0015】

また、上記非特許文献 2 に記載の手法は、ビデオカメラの視立体に含まれるであろう全ての指標に対して検出処理を行うために、実シーン中の他の物体に隠蔽されているために画像上で観測されていない指標があった場合でも、その指標の検出処理を行ってしまい、これが指標の誤検出を引き起こす原因となり、誤った位置及び姿勢の推定値を出力してしまう場合があるという問題を有していた。

【0016】

また、GPS と慣性航法に基づいた車両計測装置は精度が低く、特に、交差点での進行方向指示や事前の車線方向指示のような、実シーンとの正確な位置合わせが必須とされる用途への適用は困難であった。

【0017】

本発明は上記の問題に鑑みてなされたものであり、車両におけるナビゲーション情報を実シーン上の適切な位置に重畳して提示する画像表示装置を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】

本発明の目的を達成するために、例えば本発明の画像表示装置は以下の構成を

備える。

【0 0 1 9】

すなわち、車両のフロントウィンドウ部に当該車両の搭乗者に対して提示する画像を表示させる表示装置を備える画像表示装置であって、

世界座標系における前記車両の位置、方位を計測する車両計測手段と、

前記車両内で定義される座標系における、前記車両の搭乗者の頭部の位置を計測する頭部計測手段と、

前記フロントウィンドウ部において、前記車両計測手段により計測された前記車両の位置、方位と、前記頭部計測手段により計測された前記頭部の位置に応じた位置に、前記画像が表示されるように、前記表示装置を制御する制御手段とを備えることを特徴とする。

【0 0 2 0】

本発明の目的を達成するために、例えば本発明の計測装置は以下の構成を備える。

【0 0 2 1】

すなわち、車両に搭載され、当該車両の世界座標系における位置、方位を計測する計測装置であって、

当該車両の外界を撮像する外界撮像手段と、

当該外界撮像手段により撮像された前記外界の画像に含まれる指標の当該画像における位置を求める位置計算手段と、

前記位置計算手段により求めた前記指標の前記画像における位置に基づいて、世界座標系における前記車両の位置、方位を計測する位置方位計測手段とを備えることを特徴とする。

【0 0 2 2】

本発明の目的を達成するために、例えば本発明の計測装置は以下の構成を備える。

【0 0 2 3】

すなわち、撮影装置あるいは撮影装置を装着した物体の位置及び姿勢の計測を、該撮影装置によって撮影された撮影画像上における指標の検出によって行う計

測装置であって、

隠蔽されることなく前記撮影画像上で観測されるであろう指標を選択する指標選択手段を有し、

選択された指標の情報に基づいて前記撮影装置あるいは撮影装置を装着した物体の位置及び姿勢を計測することを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

本発明の目的を達成するために、例えば本発明の画像表示方法は以下の構成を備える。

【 0 0 2 5 】

すなわち、車両のフロントウィンドウ部に当該車両の搭乗者に対して提示する画像を表示させる表示装置を備える画像表示装置が行う画像表示方法であって、

世界座標系における前記車両の位置、方位を計測する車両計測工程と、

前記車両内で定義される座標系における、前記車両の搭乗者の頭部の位置を計測する頭部計測工程と、

前記フロントウィンドウ部において、前記車両計測工程で計測された前記車両の位置、方位と、前記頭部計測工程で計測された前記頭部の位置に応じた位置に、前記画像が表示されるように、前記表示装置を制御する制御工程と

を備えることを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

本発明の目的を達成するために、例えば本発明の計測方法は以下の構成を備える。

【 0 0 2 7 】

すなわち、車両に搭載され、当該車両の世界座標系における位置、方位を計測する計測方法であって、

当該車両の外界を撮像装置を用いて撮像する外界撮像工程と、

当該外界撮像工程で撮像された前記外界の画像に含まれる指標の当該画像における位置を求める位置計算工程と、

前記位置計算工程で求めた前記指標の前記画像における位置に基づいて、世界座標系における前記車両の位置、方位を計測する位置方位計測工程と

を備えることを特徴とする。

【0028】

本発明の目的を達成するために、例えば本発明の計測方法は以下の構成を備える。

【0029】

すなわち、撮影装置あるいは撮影装置を装着した物体の位置及び姿勢の計測を、該撮影装置によって撮影された撮影画像上における指標の検出によって行う計測方法であって、

隠蔽されることなく前記撮影画像上で観測されるであろう指標を選択する指標選択工程を有し、

選択された指標の情報に基づいて前記撮影装置あるいは撮影装置を装着した物体の位置及び姿勢を計測することを特徴とする。

【0030】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。

【0031】

〔第1の実施形態〕

図1は、車両に取り付けられた本実施形態に係る画像表示装置の機能構成を示すブロック図である。本実施形態における画像表示装置は、外部撮影用カメラ100、外部指標検出部105、回転速度計110、車両計測部120、搭乗者撮影用カメラ130、頭部指標検出部135、頭部計測部140、画像生成部150、プロジェクタ160、コンバイナ170、によって構成されている。

【0032】

車両の搭乗者132（本実施形態では搭乗者は即ち車両の運転者でもある）はフロントウィンドウ部131を通して外界の物体151が目視可能であると共に、フロントウィンドウ部131に取り付けられたコンバイナ170に表示される、画像表示装置による後述の処理によって生成されるナビゲーション情報を示す画像も目視可能である。すなわち、搭乗者132は、ナビゲーション情報を上記外界の物体151に重畳されている状態で目視することができる。

【0033】

外部撮影用カメラ100、外部指標検出部105、回転速度計110、車両計測部120によって構成される車両計測手段について説明する。外部撮影用カメラ100は、車両のボンネット部に車両の前方を向いて装着されており、車外の外界の実シーンを撮影し、撮影した画像を外部指標検出部105へと出力する。図9に車両900のボンネット部に取り付けられた外部撮影用カメラ100を示す。外部指標検出部105は、外部撮影用カメラ100が出力する撮影画像を入力し、実シーン中に設定されている後述の外部指標を画像から検出し、検出した外部指標の画像における位置（座標）を車両計測部120へと出力する。回転速度計110は、車両の右後輪および左後輪に接続されており、各車輪の回転速度を計測し、その計測結果を車両計測部120へと出力する。車両計測部120は、外部指標検出部105が出力する外部指標の画像座標と、回転速度計110が出力する各車輪の回転速度を入力し、これに基づいて世界座標系における車両の位置、及び方位を計測し、その結果を画像生成部150へと出力する。

【0034】

搭乗者撮影用カメラ130、頭部指標検出部135、頭部計測部140によって構成される頭部計測手段について説明する。搭乗者撮影用カメラ130は、フロントウィンドウ131上部に搭乗者132の頭部を向いて装着されており、頭部を撮影し、撮影した映像を頭部指標検出部135へと出力する。頭部指標検出部135は、搭乗者撮影用カメラ130が出力する撮影画像を入力し、搭乗者132の頭部に設定されている後述の頭部指標を画像から検出し、検出した頭部指標の画像における位置（座標）を頭部計測部140へと出力する。頭部計測部140は、頭部指標検出部135が出力する頭部指標の画像座標を入力し、これに基づいて車両内で定義される後述の座標系における搭乗者132の頭部の位置を計測し、その結果を画像生成部150へと出力する。

【0035】

次に、制御手段としての画像生成部150について説明する。画像生成部150は、車両計測部120から車両の位置と方位を入力し、また、頭部計測部140から搭乗者132の頭部の位置を入力し、これらの情報に基づいて、実シーン

の所定の位置（同図の例では、物体 151 の前面（搭乗者 132 側の面））に所定のナビゲーション情報を示す画像が重畳して観察されるように表示画像の生成を行い、これをプロジェクタ 160 に出力する。

【0036】

次に、プロジェクタ 160 としての表示装置について説明する。プロジェクタ 160 はフロントウィンドウ 131 下部に設置されており、画像生成部 150 が出力する表示画像を入力し、コンバイナ 170 に向けて投影する。コンバイナ 170 はフロントウィンドウ 131 上に設置されている。プロジェクタ 160 によって投影される画像はコンバイナ 170 上で反射し、搭乗者 132 には上記ナビゲーション情報を示す画像を含む画像が虚像 171 として観察される。

【0037】

図 2 に虚像 171 の例を示す。同図の例では、ナビゲーション情報として矢印 200 が表示されている。同図の虚像 171 は矢印の画像 200 以外の領域には何も表示されていない。図 3 に、搭乗者 132 によって観察されるフロントウィンドウ部の状態を示す。同図に示すとおり搭乗者 132 はフロントウィンドウ部を介して外界の物体 151 が観察可能であると共に、これに重畳された虚像 171，即ち矢印の画像 200 をも観察することができる。

【0038】

次に、上記車両計測手段、頭部計測手段、制御手段、表示装置について更に詳細に説明するが、まず初めに、以下で用いる主な変数について示す。

【0039】

Σ ：座標系。例えば Σ_e は e によって定義される座標系を表す。

【0040】

x ： x 座標を表すスカラー値。例えば $e_1 x e_2$ は座標系 Σ_{e_1} における e_2 の x 座標を表す。

【0041】

y ： y 座標を表すスカラー値。例えば $e_1 y e_2$ は座標系 Σ_{e_1} における e_2 の y 座標を表す。

【0042】

z : z 座標を表すスカラー値。例えば $e^1 z e^2$ は座標系 Σ_{e^1} における e^2 の z 座標を表す。

【0 0 4 3】

r : 位置を表す 3 値ベクトル。例えば $e^1 r e^2$ は座標系 Σ_{e^1} における e^2 の位置を表す。

【0 0 4 4】

p : 画像位置を表す 2 値ベクトル。例えば $I p e^2$ は画像 I における e^2 の位置を表す。

【0 0 4 5】

R : 姿勢を表す 3×3 行列。例えば $e^1 R e^2$ は座標系 Σ_{e^1} における e^2 の姿勢を表す。

【0 0 4 6】

ϕ : オイラー角表現による姿勢を表す 3 値ベクトル。

【0 0 4 7】

ω : 各軸まわりの角速度を表す 3 値ベクトル。

【0 0 4 8】

b : 実シーン。 Σ_b は実シーン座標系（世界座標系）を表す。

【0 0 4 9】

w : 車両 1 0。 Σ_w は車両座標系を表す。

【0 0 5 0】

u : 搭乗者 1 3 2 の頭部。 Σ_u は頭部座標系を表す。

【0 0 5 1】

c^1 : 外部撮影用カメラ 1 0 0。座標系 Σ_{c^1} は外部撮影用カメラ座標系を表す。

【0 0 5 2】

c^2 : 搭乗者撮影用カメラ 1 3 0。座標系 Σ_{c^2} は搭乗者撮影用カメラ座標系を表す。

【0 0 5 3】

d : 虚像面。座標系 Σ_d は虚像面座標系を表す。

【0054】

I：撮影画像。座標系 Σ_I は画像座標系（2次元）を表す。

【0055】

g：ナビゲーション情報の重畳対象物体（例えば外界の物体 151）。

【0056】

q：ナビゲーション情報として表示する像（例えば矢印 200）。

【0057】

ζ ：方位角（ $x-y$ 平面内における y 軸に対する角度）を表すスカラー値。
 ζ_w は実シーン中における車両の方位角を表す。

【0058】

x' ： x 方向の速度成分を表すスカラー値。

【0059】

y' ： y 方向の速度成分を表すスカラー値。

【0060】

ζ' ：方位角速度を表すスカラー値。

【0061】

t：時刻。例えば $r_w(t)$ は時刻 t における車両の位置を表す。

【0062】

k：サンプル時刻を表す整数。例えば t_k は k 番目の処理における時刻。

【0063】

Δt ：サンプリング間の微小时刻。すなわち、 $t_{k+1} = t_k + \Delta t$ 。

【0064】

m：外部指標 101。 m_i は i 番目に検出された外部指標を表す。

【0065】

M：画像 I_1 上で検出された外部指標の総数。

【0066】

n：頭部指標 133。 n_i は i 番目に検出された頭部指標を表す。

【0067】

N：画像 I_2 上で検出される頭部指標の総数。

【0068】

ψ' : 車輪の回転角速度 (計測値)。

【0069】

v : 車両の速度を表すスカラー値。

【0070】

A : 右後輪と左後輪の中間点から両後輪までの距離であって、既知。

【0071】

B : 車輪の直径であって、既知。

【0072】

a_1 : 外部撮影用カメラ 100 の焦点距離を表すスカラー値。既知。

【0073】

a_2 : 搭乗者撮影用カメラ 130 の焦点距離を表すスカラー値。既知。

【0074】

y_k : 観測量ベクトル

y^*_k : 観測量ベクトルの推定値

x_k : 状態量ベクトル

x^*_k : 状態量ベクトルの推定値

$f_k(x_k)$: 状態方程式

$h_k(x_k)$: 観測方程式

K_k : カルマンゲイン

また、以下では、各座標系が以下のように定義されているものという前提で説明を行う。すなわち、基準となる実シーンの座標系 Σ_b は、水平面上の適当な位置に原点 bO をとり、水平面内で夫々直交する方向に bX 及び bY 軸を、水平面の法線方向に bZ 軸をとる。車両座標系 Σ_w は、車両上の適当な位置に原点 wO をとり、運転席に座って左から右に向かう方向に wX 軸を、後ろから前に向かう方向に wY 軸を、下から上へ向かう方向に wZ 軸をとるものとする。

【0075】

頭部座標系 Σ_u は、搭乗者 132 の両目の中点に原点 uO をとり、左眼から右眼に向かう方向に uX 軸を、両目の中点と鼻を結ぶ方向に uY 軸を、搭乗者 13

2の正面方向に u Z軸をとるものとする。外部撮影用カメラ座標系 Σ_{c1} 及び搭乗者撮影用カメラ座標系 Σ_{c2} は、それぞれ光軸の前方に向けて c Z軸を、画像の左から右に向かう方向に c X軸を、画像の上から下に向かう方向に c Y軸をとるものとする。また、虚像面座標系 Σ_d は、プロジェクタが投影する虚像面上に原点 d Oをとり、向かって右から左方向に d X軸を、上から下方向に d Y軸を、虚像面の法線方向に d Z軸をとるものとする。

【0076】

<車両計測手段>

図4は車両計測手段が行う処理のフローチャートである。以下、同図を参照して、同処理について説明する。車両の計測は、拡張カルマンフィルタの枠組みに従って行われる。

【0077】

以下では、拡張カルマンフィルタの状態量ベクトル x_k (6次元) を、時刻 t_k における実シーン座標系 Σ_b における車両の x 座標、 y 座標、方位角と、それぞれの時間微分値を並べたベクトルとして定義する。

【0078】

【数1】

$$x_k = [{}^b x_w(t_k) \quad {}^b y_w(t_k) \quad {}^b \zeta_w(t_k) \quad {}^b x'_w(t_k) \quad {}^b y'_w(t_k) \quad {}^b \zeta'_w(t_k)]^T$$

【0079】

ステップS400において、車両計測部120は、時刻 t_{k-1} における状態量ベクトル x_{k-1} を拡張カルマンフィルタの状態方程式 $f_k(x_k)$ に代入することで、時刻 t_k における状態量ベクトルの推定値 x^*_k を算出する。状態方程式 $f_k(x_k)$ は、各サンプリング間では車両が等速で運動するという仮定を置くと、次式のように定義できる。

【0080】

【数 2】

$$x_{k+1} = f_k(x_k) = \begin{bmatrix} {}^b x_w(t_k) + {}^b x'_w(t_k) \cdot \Delta t \\ {}^b y_w(t_k) + {}^b y'_w(t_k) \cdot \Delta t \\ {}^b \zeta_w(t_k) + {}^b \zeta'_w(t_k) \cdot \Delta t \\ {}^b x'_w(t_k) \\ {}^b y'_w(t_k) \\ {}^b \zeta'_w(t_k) \end{bmatrix}$$

【0081】

ステップ S 4 1 0 において、回転速度計 1 1 0 は、右後輪および左後輪の回転速度の計測を行う。車両計測部 1 2 0 は、これらの情報を時刻 t_k における回転角速度 $\psi'_R(t_k)$, $\psi'_L(t_k)$ として記憶する。

【0082】

ステップ S 4 2 0 において、外部指標検出部 1 0 5 は、外部撮影用カメラ 1 0 0 から入力される入力画像 I_1 上の各外部指標 m_i の画像座標 $I_1 p_{m_i}$ ($i = 1, 2, \dots, M$) を検出する。ここで外部指標とは外界に存在する様々な物体の特徴的な部位のうち、用いるべき指標として予め画像表示装置に登録しておいた部位のことで、例えば建物の角や看板の文字などである。外部指標、及び外部指標の検出処理に関する詳細については後述する。車両計測部 1 2 0 は、検出された時刻 t_k における各指標 m_i の画像座標 $I_1 p_{m_i}(t_k)$ を記憶する。

【0083】

ステップ S 4 3 0 において、車両計測部 1 2 0 は、ステップ S 4 1 0 及びステップ S 4 2 0 で入力した情報を用いて、拡張カルマンフィルタの観測量ベクトル y_k (($2M+2$) 次元) を、次式によって作成する。

【0084】

【数 3】

$$y_k = [{}^h p_{m_1}^T(t_k) \ \dots \ {}^h p_{m_M}^T(t_k) \ \psi'_R(t_k) \ \psi'_L(t_k)]^T$$

【0085】

ステップ S 4 4 0 において、車両計測部 1 2 0 は、式 (4) で定義される拡張カルマンフィルタの観測方程式 $h_k(x_k)$ に状態量ベクトルの推定値 x^*_k を

代入することで、時刻 t_k における観測量ベクトルの推定値 y^*_k を算出する。

【0086】

【数4】

$$y_k^* = h_k(x_k) = \begin{bmatrix} {}^1p_{m_i}^*(t_k) \\ \vdots \\ {}^1p_{m_n}^*(t_k) \\ \frac{2}{B}(v_k + A^b \zeta_w'(t_k)) \\ \frac{2}{B}(v_k - A^b \zeta_w'(t_k)) \end{bmatrix}$$

【0087】

ここで、式(4)中の v_k は、以下の式により x_k から算出する。

【0088】

【数5】

$$v_k = -\sin^b \zeta_w(t_k) {}^b x_w'(t_k) + \cos^b \zeta_w(t_k) {}^b y_w'(t_k)$$

【0089】

また、式(4)中の ${}^1p_{m_i}^*$ は、入力画像 I^1 上で観測されている各指標 m_i の画像座標の推定値であり、以下の式により算出する。

【0090】

【数6】

$${}^1p_{m_i}^*(t_k) = \begin{bmatrix} {}^1x_{m_i}^*(t_k) \\ {}^1y_{m_i}^*(t_k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 \cdot {}^c x_{m_i}(t_k) / {}^c z_{m_i}(t_k) \\ a_1 \cdot {}^c y_{m_i}(t_k) / {}^c z_{m_i}(t_k) \end{bmatrix}$$

ただし、 ${}^c x_{m_i}$, ${}^c y_{m_i}$, ${}^c z_{m_i}$ は、外部撮影用カメラ座標系 Σ_c における指標 m_i の位置であり、以下の式により x_k から算出する。

【0091】

【数7】

$${}^c r_{m_i}(t_k) = \begin{bmatrix} {}^c x_{m_i}(t_k) \\ {}^c y_{m_i}(t_k) \\ {}^c z_{m_i}(t_k) \end{bmatrix} = {}^w R_{c_1}^{-1} \left[{}^b R_w^{-1}(t_k) \left\{ {}^b r_{m_i} - {}^b r_w(t_k) \right\} - {}^w r_{c_1} \right]$$

【0092】

ここで、 ${}^b r_{m_i}$ は実シーン座標系 Σ_b における指標 m_i の位置、 ${}^w r_{c_1}$,

${}^wR_{c1}$ は車両座標系 Σ_w における外部撮影用カメラ 100 の位置及び姿勢であり、予め計測されているものとする。また、 ${}^bR_w(t_k)$ は実シーン座標系 Σ_b における車両の姿勢であり、 ${}^b\zeta_w(t_k)$ に基づいて算出する。一方、 ${}^br_w(t_k)$ は実シーン座標系 Σ_b における車両の位置であり、 ${}^bx_w(t_k)$ と ${}^by_w(t_k)$ に基づいて算出する。なお、本実施形態では、実シーン座標系 Σ_b の $x-y$ 平面に対する車両の傾斜角（ロール角およびピッチ角）は一定値であり、予め既知の値として記憶されているものと仮定している。また、実シーン座標系 Σ_b における車両の z 座標 bz_w は一定値であり、予め既知の値として記憶されているものと仮定している。

【0093】

ステップ S450 において、車両計測部 120 は、状態量ベクトルの推定値 x_k^* 、観測量ベクトルの推定値 y_k^* 、観測量ベクトル y_k に基づいて、次式により、状態ベクトルの更新を行う。

【0094】

【数8】

$$x_k = x_k^* + K_k[y_k - y_k^*]$$

【0095】

ここで、カルマンゲイン K_k は、状態方程式 $f_k(x_k)$ 、観測方程式 $h_k(x_k)$ 、及び状態量ベクトル x_{k-1} に基づいて定義される係数行列（ $6 \times (2M+2)$ ）である。カルマンゲインの算出方法は、例えば、西山清：最適フィルタリング、培風館、2001. において開示されているので、ここでは詳細な説明を省略する。

【0096】

ステップ S460 において、車両計測手段は、更新された状態量ベクトル x_k から車両の位置 ${}^bx_w(t_k)$ 、 ${}^by_w(t_k)$ と方位 ${}^b\zeta_w(t_k)$ を得て、制御手段である画像生成部 150 に出力する。

【0097】

ステップ S470 において、車両計測手段は、処理を終了するかどうかの判定

を行う。処理を継続する場合には、 k を $k+1$ として、再びステップS400以降の処理を実行する。なお、外部指標検出部105及び車両計測部120は、例えば1台の汎用コンピュータにより構成することが可能である。

【0098】

次に、図5を用いて、回転速度計110の詳細を説明する。図5は右後輪の回転速度を検出するための構成を示す図で、左後輪についても同様の構成により回転速度を検出することができる。右後輪500Rの回転速度の計測は、ロータリーエンコーダ510Rと車輪520Rによって行われる。車輪520Rは、ロータリーエンコーダ510Rの回転軸に取り付けられており、さらに、車輪520Rは、右後輪500Rに接触するように設置されている。ロータリーエンコーダ510Rは、車輪520Rの回転角速度 ϕ'_R を測定し、右後輪500Rの回転速度を表す情報としてこれを出力する。不図示の左後輪500Lの計測も同様の構成によって実現され、不図示の車輪520Lの回転角速度 ϕ'_L が出力される。

【0099】

次に、図6を用いて、外部指標検出部105における処理の詳細を説明する。図6は外部指標検出部105の基本構成を示すブロック図である。外部指標検出部105は、推定座標算出部600、指標選択部610、画像処理部620によって構成されている。指標選択部610はさらに、隠蔽判定部630と、指標情報保持部640によって構成されている。

【0100】

推定座標算出部600は、車両計測部120で算出された車両の位置及び方位の推定値を入力し、式(6)および式(7)を用いて全ての外部指標に対して入力画像 I_1 上における画像座標の推定値 $I_{1p} * m_i$ を算出する。得られた推定値が撮像面の範囲に含まれている識別子が、隠蔽判定部630へと出力される。指標情報保持部640は、指標の検出を行うためのテンプレート画像を撮影した際の車両の位置及び方位を、各々の指標毎に保持している。

【0101】

隠蔽判定部630は、推定座標算出部600から得た推定値が撮像面の範囲に

含まれる各々の指標に対して、隠蔽の有無の判定を行う。具体的には、車両計測部 120 で算出された車両の位置及び方位の推定値と、指標情報保持部 640 が保持している注目指標の検出を行うためのテンプレート画像を撮影した際の車両の位置及び方位とが著しく離れている場合には、この注目指標は隠蔽されていると判定される。この判定により隠蔽されていないと判定された指標の識別子が、検出処理対象として画像処理部 620 へと出力される。

【0102】

なお、テンプレート画像撮影時の位置及び方位と現在の位置及び方位の相違の比較は、例えば 2 地点間の距離に基づいて行っても良いし、方位角の相違によっても行っても良い。また、判定の閾値は全ての指標に共通の閾値を用いても良いし、指標ごとに異なる閾値を定めても良い。なお、車両の位置及び方位ではなく、外部撮影用カメラ 100 の位置及び姿勢を基準としても同様な機能が実現できることは言うまでもない。

【0103】

画像処理部 620 は、指標選択部 610 によって選択された指標を処理対象として、予め登録されている各指標のテンプレート画像を用いたテンプレートマッチングにより、画像 I_1 から指標の検出を行う。このとき、推定座標算出部 600 が算出した画像座標の推定値 $I_1 p *_{m i}$ を用いることで探索範囲の限定を行うことが好ましい。

【0104】

以上の処理手順によって、実シーン座標系 Σ_b における車両の位置 $b_{x w}$, $b_{y w}$ 及び方位 $b_{\theta w}$ が計測される。

【0105】

< 頭部計測手段 >

図 7 は頭部計測手段が行う処理のフローチャートである。以下、同図を参照して、同処理について説明する。頭部の計測も、車両の計測と同様に拡張カルマンフィルタの枠組みに従って行われる。

【0106】

以下では、状態量ベクトル x_k (12 次元) を、時刻 t_k における車両座標系

Σ_w における搭乗者132の頭部の位置 ${}^w r_u$ 、姿勢 ${}^w \phi_u$ 、速度 ${}^w r'_u$ 、及び角速度 ${}^w \omega_u$ を並べたベクトルとして定義する。

【0107】

【数9】

$$x_k = [{}^w r_u^T(t_k) \quad {}^w \phi_u^T(t_k) \quad {}^w r'_u^T(t_k) \quad {}^w \omega_u^T(t_k)]^T$$

【0108】

ステップS700において、頭部計測部140は、時刻 t_{k-1} における状態量ベクトル x_{k-1} を状態方程式 $f_k(x_k)$ に代入することで、時刻 t_k における状態量ベクトルの推定値 x^*_k を算出する。状態方程式 $f_k(x_k)$ は、各サンプリング間は各位置及び各姿勢が等速で変化するという仮定を置くと、次式のように定義できる。

【0109】

【数10】

$$x_{k+1} = f_k(x_k) = \begin{bmatrix} {}^w r_u(t_k) + {}^w r'_u(t_k) \cdot \Delta t \\ {}^w \phi_u(t_k) + {}^w \phi'_u(t_k) \cdot \Delta t \\ {}^w r'_u(t_k) \\ {}^w \omega_u(t_k) \end{bmatrix}$$

【0110】

ここで、 ϕ' は姿勢 ϕ の時間微分値であり、姿勢 ϕ 及び角速度 ω の関数として導出できることが一般に知られている。その詳細は、例えば Donald B. Gennery : Visual tracking of known three-dimensional objects, International Journal of Computer Vision, vol.7, no.3, pp.243-270, 1992.に開示されているので、説明を省略する。

【0111】

ステップS710において、頭部指標検出部135は、予め登録されている各頭部指標のテンプレート画像を用いて、搭乗者撮影用カメラ130から入力される入力画像 I_2 上で観測されている各頭部指標 n_i の画像座標 $I_2 p_{n_i}$ ($i = 1, 2, \dots, N$)を検出する。ここで頭部指標とは、頭部(顔)に存在する目、

鼻、口などやそれらの部分領域のうち、用いるべき指標として予め画像表示装置に登録しておいたものを指す。頭部計測部 1 4 0 は、これらの情報を時刻 t_k における各指標 n_i の画像座標 $I^2 p_{n_i}(t_k)$ として記憶する。頭部指標検出部 1 3 5 における処理は外部指標検出部 1 0 5 における処理と同様であるので、詳細な説明は省略する。

【0 1 1 2】

ステップ S 7 2 0 において、頭部計測部 1 4 0 は、ステップ S 7 0 0 で入力した情報を用いて、観測量ベクトル y_k (2 N 次元) を次式によって作成する。

【0 1 1 3】

【数 1 1】

$$y_k = [{}^1_2 p_{n_1}^T(t_k) \quad {}^1_2 p_{n_2}^T(t_k) \quad \cdots \quad {}^1_2 p_{n_N}^T(t_k)]^T$$

【0 1 1 4】

ステップ S 7 3 0 において、頭部計測部 1 4 0 は、式 (1 2) で定義される観測方程式 $h_k(x_k)$ に状態量ベクトルの推定値 x^*_k を代入することで、時刻 t_k における観測量ベクトルの推定値 y^*_k を算出する。

【0 1 1 5】

【数 1 2】

$$y_k^* = h_k(x_k) = [{}^1_2 \dot{p}_{n_1}^T(t_k) \quad {}^1_2 \dot{p}_{n_2}^T(t_k) \quad \cdots \quad {}^1_2 \dot{p}_{n_N}^T(t_k)]^T$$

【0 1 1 6】

ここで、 $I^2 p^*_{n_i}$ は、入力画像 I_2 上で観測されている各指標 n_i の画像座標の推定値であり、以下の式により算出する。

【0 1 1 7】

【数 1 3】

$${}^1_2 \dot{p}_{n_i}^*(t_k) = \begin{bmatrix} {}^1_2 \dot{x}_{n_i}^*(t_k) \\ {}^1_2 \dot{y}_{n_i}^*(t_k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_2 \cdot {}^{c_2} x_{n_i}(t_k) / {}^{c_2} z_{n_i}(t_k) \\ a_2 \cdot {}^{c_2} y_{n_i}(t_k) / {}^{c_2} z_{n_i}(t_k) \end{bmatrix}$$

【0 1 1 8】

ただし、 ${}^{c_2} x_{n_i}$ 、 ${}^{c_2} y_{n_i}$ 、 ${}^{c_2} z_{n_i}$ は、頭部撮影用カメラ座標系 Σ

c_2 における指標 n_i の位置であり、以下の式により状態量ベクトル x_k に基づいて算出する。

【0119】

【数14】

$${}^{c_2}r_{ni}(t_k) = \begin{bmatrix} {}^{c_2}x_{n_i}(t_k) \\ {}^{c_2}y_{n_i}(t_k) \\ {}^{c_2}z_{n_i}(t_k) \end{bmatrix} = {}^wR_{c_2}^{-1} \left[{}^wR_u(t_k) {}^u r_{n_i} + {}^w r_u(t_k) - {}^w r_{c_2} \right]$$

【0120】

ここで、 ${}^u r_{n_i}$ は頭部座標系 Σ_u における頭部指標 n_i の位置、 ${}^w r_{c_2}$ 、 ${}^w R_{c_2}$ は車両座標系 Σ_w における搭乗者撮影用カメラ 130 の位置及び姿勢であり、予め計測されているものとする。また、 ${}^w R_u(t_k)$ は車両座標系 Σ_w における搭乗者 132 の頭部の姿勢を表す行列であり、 ${}^w \phi_u(t_k)$ に基づいて算出する。

【0121】

ステップ S740 において、頭部計測部 140 は、観測量ベクトル y_k 、状態量ベクトルの推定値 x^*_k 、観測量ベクトルの推定値 y^*_k に基づいて、式 (8) により、状態ベクトルの更新を行う。カルマンゲイン K_k の算出方法は公知であるので、ここでは詳細な説明を省略する。

【0122】

ステップ S750 において、頭部計測手段は、更新された状態量ベクトル x_k から頭部の位置 ${}^w r_u(t_k)$ を得て、制御手段である画像生成部 150 に出力する。

【0123】

ステップ S760 において、頭部計測手段は、処理を終了するかどうかの判定を行う。処理を継続する場合には、 k を $k+1$ として、再びステップ S700 以降の処理を実行する。なお、頭部指標検出部 135 及び頭部計測部 140 は、例えば 1 台の汎用コンピュータにより構成することが可能である。以上の処理手順によって、車両座標系 Σ_w における搭乗者 132 の頭部の位置 ${}^w r_u$ が計測される。

【0124】

<制御手段>

図8は制御手段である画像生成部150が行う処理のフローチャートである。以下、同図を参照して、同処理について説明する。ステップS800において、画像生成部150は、車両計測手段によって計測された実シーン座標系 Σ_b における車両の位置 b_{x_w} , b_{y_w} 及び方位 b_{ζ_w} を入力し、位置ベクトル b_{r_w} と姿勢行列 b_{R_w} に変換する。

【0125】

ステップS810において、画像生成部150は、頭部計測手段によって計測された車両座標系 Σ_w における搭乗者132の頭部の位置 w_{r_u} を入力する。

【0126】

ステップS820において、画像生成部150は、虚像面座標系 Σ_d における重畳対象物体151の位置 d_{r_g} を、以下の式により算出する。

【0127】

【数15】

$${}^d r_g = {}^w R_d^{-1} \{ {}^b R_w^{-1} ({}^b r_g - {}^b r_w) - {}^w r_d \}$$

【0128】

ここで、 b_{r_g} は実シーン座標系 Σ_b における重畳対象物体151の位置、 w_{r_d} , w_{R_d} は車両座標系 Σ_w における虚像面の位置及び姿勢であり、予め計測されているものとする。

【0129】

ステップS830において、画像生成部150は、虚像面座標系 Σ_d における搭乗者132の頭部の位置 d_{r_u} を、以下の式により算出する。

【0130】

【数16】

$${}^d r_u = {}^w R_d^{-1} ({}^w r_u - {}^w r_d)$$

【0131】

ステップS840において、画像生成部150は、虚像面座標系 Σ_d におけるナビゲーション情報(矢印200)を示す画像の表示位置 d_{r_q} を、以下の式に

より算出する。

【0132】

【数17】

$${}^d r_q = \frac{{}^d z_u}{{}^d z_u - {}^d z_g} {}^d r_g - \frac{{}^d z_g}{{}^d z_u - {}^d z_g} {}^d r_u$$

【0133】

ステップS850において、画像生成部150は、虚像面上の位置 ${}^d r_q$ にナビゲーション情報（矢印200）を示す画像が表示されるように表示画像を生成し、これを表示装置であるプロジェクタ160に出力する。

【0134】

ステップS860において、プロジェクタ160は生成された表示画像をコンバイナ170に向けて投影する。

【0135】

ステップS870において、制御手段である画像生成部150は、処理を終了するかどうかの判定を行う。処理を継続する場合には、 k を $k+1$ として、再びステップS800以降の処理を実行する。なお、画像生成部150は、例えば1台の汎用コンピュータにより構成することが可能である。

【0136】

以上の処理手順によって、ナビゲーション情報（矢印200）を示す画像が重畳対象物体151に重畳して観測されるような表示が実現される。

【0137】

また本実施形態では、車両の位置、方位を求めるために、GPSを用いたデータではなく、重畳対象である外界の物体と車両との相対的な位置関係を直接計測しているので、GPSに比べてより高い精度で車両の位置、方位を求めることができる。

【0138】

また本実施形態では、車両の位置姿勢に応じてだけでなく、搭乗者の頭部位置に応じた（フロントウィンドウ部の）位置にナビゲーション情報（矢印200）を示す画像が表示されるので、搭乗者の頭部が前後左右に移動しても、搭乗者に対して常に適切

な位置にナビゲーション情報を示す画像を提示することができる。

【0139】

[第2の実施形態]

上記実施形態では車両計測部120において、式(2)によって状態方程式 $f_k(x_k)$ を定義していた。式(2)は、車両が前後左右に自由に移動しうるというモデルに基づく状態方程式であるため、これによって得られる車両の位置の推定値が実際と大きく異なってしまう場合があった。本実施形態では、車体は横滑りしないという仮定に基づく非ホロノミック拘束を導入し、式(2)に替えて、次式のように改良した状態方程式 $f_k(x_k)$ を設定する。

【0140】

【数18】

$$f_k(x_k) = \begin{bmatrix} {}^b x_w(t_k) + {}^b x'_w(t_k) \cdot \Delta t \\ {}^b y_w(t_k) + {}^b y'_w(t_k) \cdot \Delta t \\ {}^b \zeta_w(t_k) + {}^b \zeta'_w(t_k) \cdot \Delta t \\ {}^b x'_w(t_k) - v_k \cdot {}^b \zeta'_w(t_k) \cdot \Delta t \cdot \cos {}^b \zeta_w(t_k) \\ {}^b y'_w(t_k) - v_k \cdot {}^b \zeta'_w(t_k) \cdot \Delta t \cdot \sin {}^b \zeta_w(t_k) \\ {}^b \zeta'_w(t_k) \end{bmatrix}^T$$

【0141】

なお、上記式は状態量ベクトルの推定に非ホロノミック拘束を考慮しただけであり、状態量ベクトルの次元そのものは縮退していない。ゆえに、適当なシステムノイズ特性の導入によって車体の横滑りを考慮することができる。よって本実施形態に係る上記方法により、完全な非ホロノミック拘束を前提として状態方程式を定式化した場合や、上記実施形態のように非ホロノミック拘束を全く考慮せずに状態方程式を定式化した場合のいずれよりも、車両の位置及び方位の推定を正確に行うことができる。その結果、車両計測部120における車両の位置及び方位の計測精度を高めることができる。

【0142】

[第3の実施形態]

上記実施形態における回転速度計110は、ロータリーエンコーダを用いて車輪の回転速度を計測していたが、回転速度計110の構成はこれに限定されるも

のではなく、車輪の回転速度を計測する目的が同じであれば、他のいずれの構成によって実現しても良い。例えば、回転速度計 110 として、車両の姿勢制御等の目的で両後輪に装着されているパルスセンサを用いてもよい。本実施形態においては、式(4)中のBの値として、車輪 520 ではなく後輪 500 の直径を用いればよい。

【0143】

また、回転速度計 110 を、一般的なカーナビの慣性航法に用いられている車速センサとジャイロセンサによって構成することでも、同様な効果を得ることができる。車速センサによって計測される車速を μ 、ジャイロセンサによって計測される車両の方位角速度を ξ' とすると、この場合の回転速度計 110 は、計測された μ 及び ξ' に基づいて次式によって両後輪の回転速度 $\psi' R$ 及び $\psi' L$ を導出し、これを車両計測部 120 へと出力する。

【0144】

【数 19】

$$\psi'_R = \frac{2}{B}(\mu + A\xi'), \quad \psi'_L = \frac{2}{B}(\mu - A\xi')$$

【0145】

[第4の実施形態]

上記実施形態では両車輪の回転速度を求めるために回転速度計 110 を用いていたが、他のセンサによって計測される車両の速度に関連するデータを利用しても、同様な効果を得ることができる。例えば、回転速度計 110 の代わりに、一般的なカーナビの慣性航法に用いられているプロペラシャフトの回転パルス計測等に基づく車速センサと、ジャイロセンサを有していてもよい。その場合、車両計測部 120 は、外部指標検出部 105 が検出した外部指標の画像座標 $I^1 p_{mi}(t_k)$ と、車速センサによって計測される車速 $\mu(t_k)$ 及びジャイロセンサによって計測される車両の方位角速度 $\xi'(t_k)$ とを入力し、これらの入力データに基づいて車両の位置及び方位を計測する。その場合、観測ベクトル y_k 及び観測方程式 $h_k(x_k)$ を次式のように定義することで、上記実施形態と同様の手順によって車両の位置及び方位が計測される。

【 0 1 4 6 】

【数 2 0】

$$y_k = [{}^1 p_{m_1}^T(t_k) \ \cdots \ {}^1 p_{m_M}^T(t_k) \ \mu(t_k) \ \xi'(t_k)]^T$$

【 0 1 4 7 】

【数 2 1】

$$y_k^* = h_k(x_k) = [{}^1 \dot{p}_{m_1}^T(t_k) \ \cdots \ {}^1 \dot{p}_{m_M}^T(t_k) \ v_k \ \xi'(t_k)]^T$$

【 0 1 4 8 】

ここで、 v_k は車両の速度の推定値であり、式 (5) によって状態量ベクトル x_k から算出する。

【 0 1 4 9 】

[第 5 の実施形態]

また、上記車両計測手段を、外部撮影用カメラ 1 0 0、外部指標検出部 1 0 5 及び車両計測部 1 2 0 のみによって構成してもよい。すなわち、車両計測部 1 2 0 において、外部指標検出部 1 0 5 から入力される外部指標の画像座標 $I^1 p_{m_i}(t_k)$ に基づいて車両の位置及び方位の計測を行う。この場合、観測ベクトル y_k 及び観測方程式 $h_k(x_k)$ を次式のように定義することで、上記実施形態と同様の手順によって車両の位置及び方位が計測される。

【 0 1 5 0 】

【数 2 2】

$$y_k = [{}^1 p_{m_1}^T(t_k) \ \cdots \ {}^1 p_{m_M}^T(t_k)]^T$$

【 0 1 5 1 】

【数 2 3】

$$y_k^* = h_k(x_k) = [{}^1 \dot{p}_{m_1}^T(t_k) \ \cdots \ {}^1 \dot{p}_{m_M}^T(t_k)]^T$$

【 0 1 5 2 】

[第6の実施形態]

上記実施形態における車両計測手段が有する外部撮影用カメラ100は1台であったが、複数台の外部撮影用カメラ100を有していてもよい。この場合、外部指標検出部105も外部撮影用カメラ100に対応する数だけ有することが好ましい。この場合、車両計測部120は、複数の外部指標検出部105で検出された外部指標の画像座標をそれぞれ入力し、それらをもとに観測ベクトル y_k 及び観測方程式 $h_k(x_k)$ を定義する。観測方程式の導出過程において使用する W_{RC1} 、 W_{rC1} 及び a_1 の各パラメータを、入力された画像座標のそれぞれに対応する外部撮影用カメラ100に固有な値とすること以外は、上記実施形態と同様な手順によって車両の位置及び姿勢を求めることができる。これにより、より多くの指標座標を安定して検出できるようになるため、車両の位置及び方位の計測精度の向上が期待できる。

【0153】

尚、上記実施形態においては、外部撮影用カメラ100は車両の前方にむけて車両のボンネット部に設置されていたが、実シーン中の外部指標を観測できる位置及び向きであれば、外部撮影用カメラ100の設置位置がこれに限定されるものでないことは言うまでもない。すなわち、車両の後方あるいは側方を向いていてもよいし、車両のフェンダー部や屋根等に設置してもよい。

【0154】

また、頭部計測手段も同様に、複数の頭部撮影用カメラ130を有する構成をとることが可能であり、これにより頭部位置の計測精度を向上させる効果が期待できる。また、頭部撮影用カメラ130の設置位置も、頭部指標が観測できる位置であれば何れの位置であってもよい。

【0155】

[第7の実施形態]

上記実施形態における頭部計測手段は、搭乗者132の頭部の位置計測を常に行っていたが、頭部の位置計測は必ずしも連続的に行わなくても良い。すなわち、頭部計測手段は、所定の時点でのみ頭部の位置計測を行い、計測した頭部位置を制御手段へと出力する。制御手段は、頭部計測手段から最後に入力した頭部位

置を保持し、頭部位置を用いて画像の生成を行う。ここで所定の時点とは、画像表示装置を起動した時点としてもよいし、あるいは、搭乗者 132 が搭乗した時点または運転を開始した時点を検出する手段を更に有する構成として、その検出時点を用いてもよい。また、搭乗者からの指示を入力する手段を更に有する構成として、搭乗者が指示を出した時点に頭部計測処理を行ってもよい。

【0156】

[第8の実施形態]

上記実施形態において、指標選択部 610 は、車両計測部 120 で算出された車両の位置及び方位の推定値と、指標のテンプレート画像を撮影した際の車両の位置及び方位に基づいて隠蔽の判定を行っていたが、これ以外の構成で隠蔽の判定を行ってもよい。

【0157】

例えば、指標情報保持部 640 に、指標の向きに関する情報を保持し、指標の向きと外部撮影用カメラ 100 の姿勢とから指標の隠蔽を判定してもよい。

【0158】

例えば、指標情報保持部 640 は、指標の向きに関する情報として指標 m_i の法線方向を表す法線ベクトル η_{m_i} を各々の指標毎に保持しており、隠蔽判定部 630 は、時刻 t_{k-1} までに算出された車両の姿勢に基づいて外部撮影用カメラ 100 の姿勢を算出し、 $-c^1Z$ 軸と法線ベクトル η_{m_i} とのなす角が所定の閾値以上の場合には、この指標は隠蔽されているものと判定してもよい。なお、閾値に関しては、全ての指標に共通の閾値を用いてもよいし、指標ごとに異なる閾値を定めてもよい。

【0159】

この方法によれば、壁の裏側に配置されている指標などの明らかに隠蔽されているであろう指標を、簡単に判定することができる。なお、指標の向きに関する情報として他の情報を用いても構わない。

【0160】

[第9の実施形態]

指標選択部 610 は、実シーンの物体の形状モデルを保持する形状モデル保持

手段をさらに有し、また、指標情報保持部 640 は、指標 m_i の位置 $b_{r m i}$ を各々の指標毎に保持しており、隠蔽判定部 630 は、時刻 t_{k-1} までに算出された車両の姿勢に基づいて外部撮影用カメラ 100 の位置及び姿勢を算出し、それに基づいて、形状モデル保持手段が保持する実シーンの物体の形状モデルと、指標情報保持部 640 が保持する指標 m_i の位置 $b_{r m i}$ から、実シーンの指標以外の物体と各々の指標との前後判定を行うことで指標が隠蔽されているか否かを判定してもよい。

【0161】

[第10の実施形態]

指標選択部 610 は、上記のいずれかの隠蔽判定手段を併用するものであってもよい。また、必ずしも指標選択部 610 を有さなくてもよく、推定座標算出部 600 において撮像面の範囲に含まれると判断された全ての指標に対して画像処理部 620 における検出処理を行ってもよい。

【0162】

[第11の実施形態]

本実施形態では、指標選択部 610 は、車両計測部 120 において車両の位置及び方位の計測を行う処理により有効な指標のみを選択する優先度判定部を更に有している。優先度判定部は、隠蔽判定部 630 が出力する指標の識別子を入力し、隠蔽判定部 630 から入力した指標の総数 (N_A) が、画像処理部 620 が同時に検出可能な指標の総数 (N_B) を超える (すなわち $N_A > N_B$) 場合に、 N_A 個の指標から N_B 個を選択してその識別子を画像処理部 620 へと出力する。

【0163】

選択は、例えば、 N_A 個の指標から N_B 個の指標を選択する組み合わせの夫々に対して、観測方程式 $h_k(x_k)$ を x_k で偏微分したヤコビ行列 (これは一般にイメージヤコビアンと呼ばれている) を生成し、その特異値分解の結果得られる条件数が最も 1 に近くなる組み合わせを選択することで行う。このとき、時刻 t_{k-1} における処理で画像処理部 620 が検出した指標のうちの最低 N_C 個 ($N_C < N_B$) を組み合わせの中に入れるという制約を設けることで、組み合わせ

数の削減による計算量の軽減と、位置合わせの不連続性を除去するという効果を得ることができる。

【0164】

[第12の実施形態]

車両計測手段は、GPS受信手段をさらに有し、車両の大まかな位置及び方位の情報を車両計測部120に供給する。これにより、車両計測部120は、GPS受信手段115から供給される大まかな位置及び方位をたとえば状態量ベクトル x_i の初期値として用いたり、外部指標検出部105によっていずれの指標も検出されない場合のバックアップとして用いることができる。

【0165】

[第13の実施形態]

上記実施形態においては、車両計測部120は、状態方程式 $f_k(x_{k-1})$ によって時刻 t_k における状態量ベクトルの推定値 x^*_k を算出していた。本実施形態においては、車両計測手段では、車両の回転及び並進運動の加速度を計測する加速度計を更に有しており、車両計測部120は、加速度計が計測した車両の回転及び並進運動の加速度と $f_k(x_{k-1})$ とによって、状態量ベクトルの推定値 x^*_k を算出する。なお、物体の回転及び並進運動の加速度を計測する加速度計の構成方法や、物体の回転及び並進運動の加速度の計測値を位置姿勢とその時間微分成分を表す状態量ベクトルの推定に利用する方法については、例えば、横小路泰義，菅原嘉彦，吉川恒夫：画像と加速度計を用いたHMD上での映像の正確な重ね合わせ，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，vol.4，no.4，pp.589-598，1999．に述べられているので、詳細な説明は省略する。

【0166】

これにより、特に車両の状態が激しく変化するような状況下における推定値 x^*_k の精度が向上し、このような状況においてもナビゲーション情報を正確に表示できるという効果が期待できる。尚、頭部計測手段に関しても、搭乗者132の頭部の回転及び並進運動の加速度を計測する加速度計を有する構成をとることが可能であり、頭部計測において同様な効果が期待できる。

【0167】

[第14の実施形態]

上記実施形態においては、実シーン座標系 Σ_b における車両の z 座標 b_{zw} は固定値であると仮定していた。しかし本実施形態では、 b_{zw} を計測し、これを動的に設定することにより、車両の高度が変化した場合における正確な情報表示を実現する。 b_{zw} の値は、例えば、GPSによって受信した高さ情報を用いて設定することができる。同様に、上記実施形態においては、車両の傾斜角（ロール角およびピッチ角）は一定であると仮定していた。本実施形態では、車両の傾斜角を計測しこれを動的に設定することにより、車両の傾斜角が変化した場合における正確な情報表示を実現する。傾斜角の計測は、例えば車両に装着した傾斜計によって行うことができる。

【0168】

[第15の実施形態]

上記実施形態では、プロジェクタ160及びコンバイナ170によってフロントウィンドウ上への画像表示を行っていたが、これに限定されるものではなく、他のいずれのHUDを用いてもよい。例えば、ホログラフィを用いた公知のHUDを用いることで、虚像を対象物体付近に結像させることが期待できる。

【0169】

[第16の実施形態]

上記実施形態では、画像表示装置の一部として車両計測手段が構成されていたが、これに限定されるものではなく、車両の位置及び／または方位を計測する他の何れの用途に上記車両計測手段を適用することが可能である。

【0170】

[第17の実施形態]

上記各実施形態で説明した指標選択部610は、画像上で隠蔽されていないであろう指標を選択するという用途に対してであれば、上記使用目的以外にも適用可能である。特に、複合現実感提示装置におけるHMD装着カメラの撮影する画像に基づいて当該カメラあるいはHMD装着者の視点の位置及び姿勢を計測する目的において、その指標検出の過程に指標選択部610を適用することが有効である。なお、指標は上記実施形態のようなテンプレートマッチングによって検出

されるテクスチャ様の指標でなくても良く、例えば、特定の色や形状を有するマーカのように、画像上での位置を特定することを目的とした何れの指標であっても、指標選択部610を用いることが可能であることは言うまでもない。また、画像上で検出された指標の候補となる画像特徴の同定処理を行う際に、現実空間中の指標のなかから対応すべき指標あるいはその候補を選択するような処理においても、指標選択部610は効果を発揮する。

【0171】

[他の実施形態]

本発明の目的は、前述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体（または記録媒体）を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成されることは言うまでもない。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、前述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼働しているオペレーティングシステム(OS)などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【0172】

さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張カードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張カードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【0173】

本発明を上記記憶媒体に適用する場合、その記憶媒体には先に説明した（図4

、及び／または図 7、及び／または図 8 に示す) フローチャートに対応するプログラムコードが格納されることになる。

【0 1 7 4】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、車両の位置及び方位と搭乗者の頭部の位置を正確に計測し、車両におけるナビゲーション情報を実シーン上の適切な位置に重畳して提示する画像表示装置を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

車両に取り付けられた本発明の第 1 の実施形態に係る画像表示装置の機能構成を示すブロック図である。

【図 2】

虚像 1 7 1 の例を示す図である。

【図 3】

搭乗者 1 3 2 によって観察されるフロントウィンドウ部の状態を示す図である。

【図 4】

車両計測手段が行う処理のフローチャートである。

【図 5】

右後輪の回転速度を検出するための構成を示す図である。

【図 6】

外部指標検出部 1 0 5 の基本構成を示すブロック図である。

【図 7】

頭部計測手段が行う処理のフローチャートである。

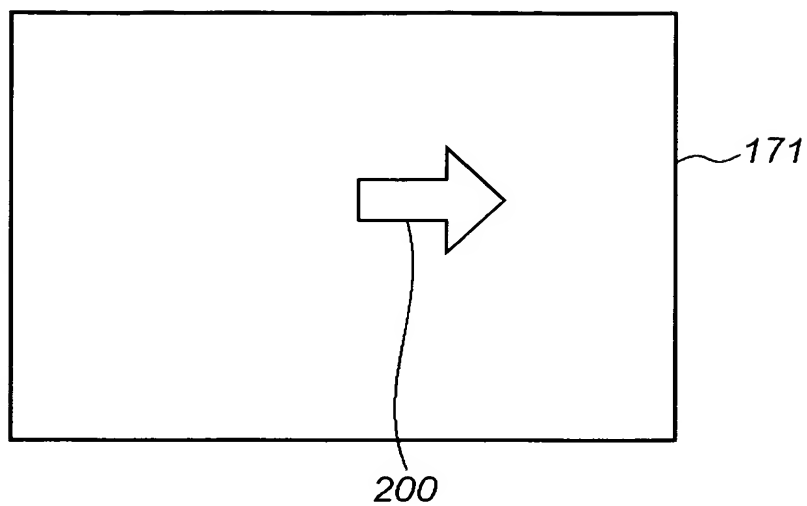
【図 8】

制御手段である画像生成部 1 5 0 が行う処理のフローチャートである。

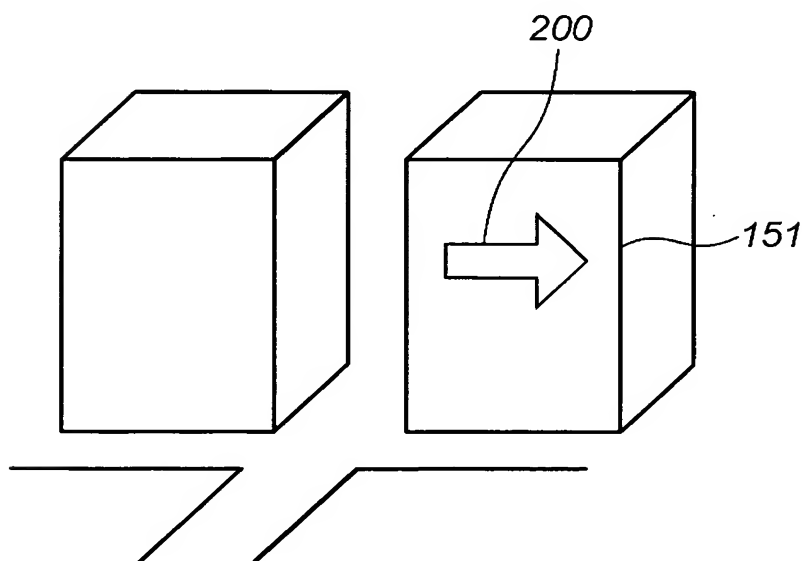
【図 9】

車両 9 0 0 のボンネット部に取り付けられた外部撮影用カメラ 1 0 0 を示す図である。

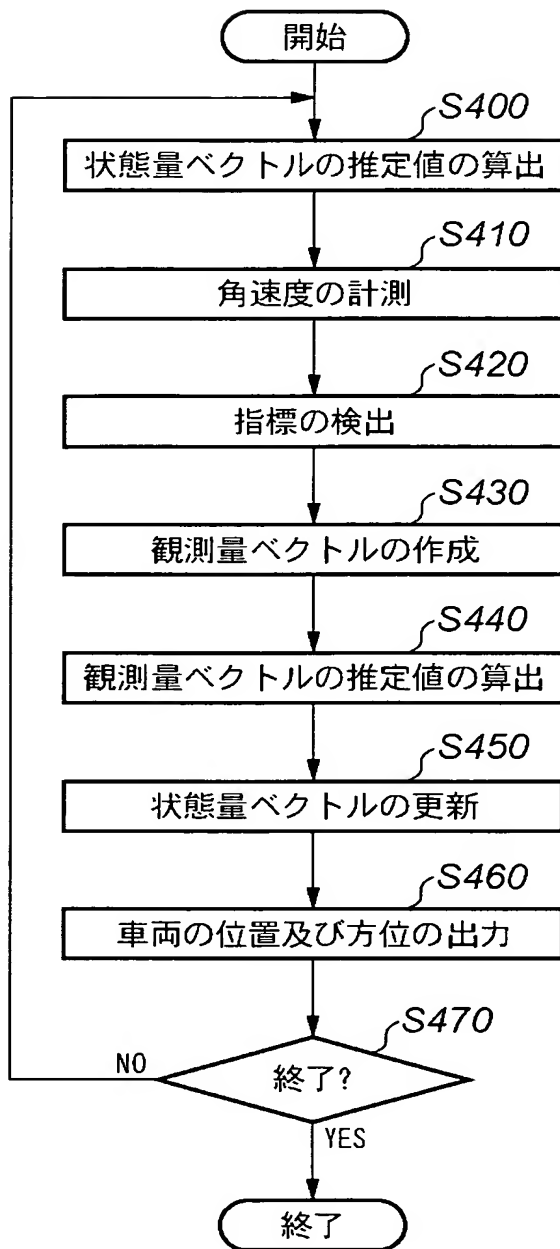
【図 2】



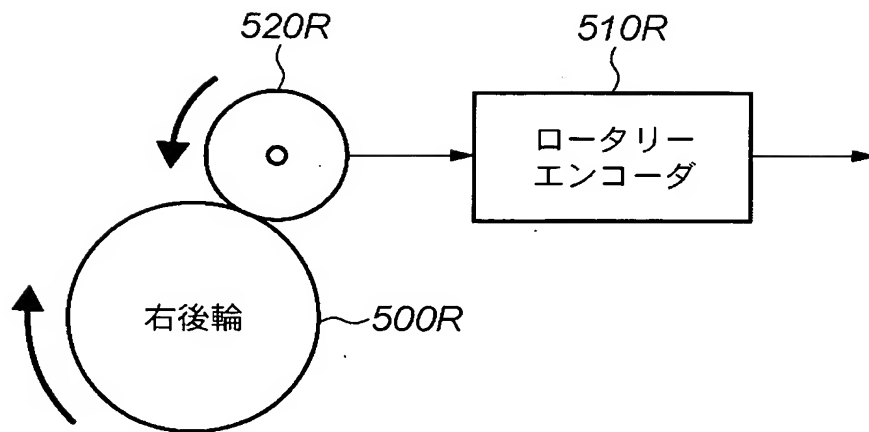
【図 3】



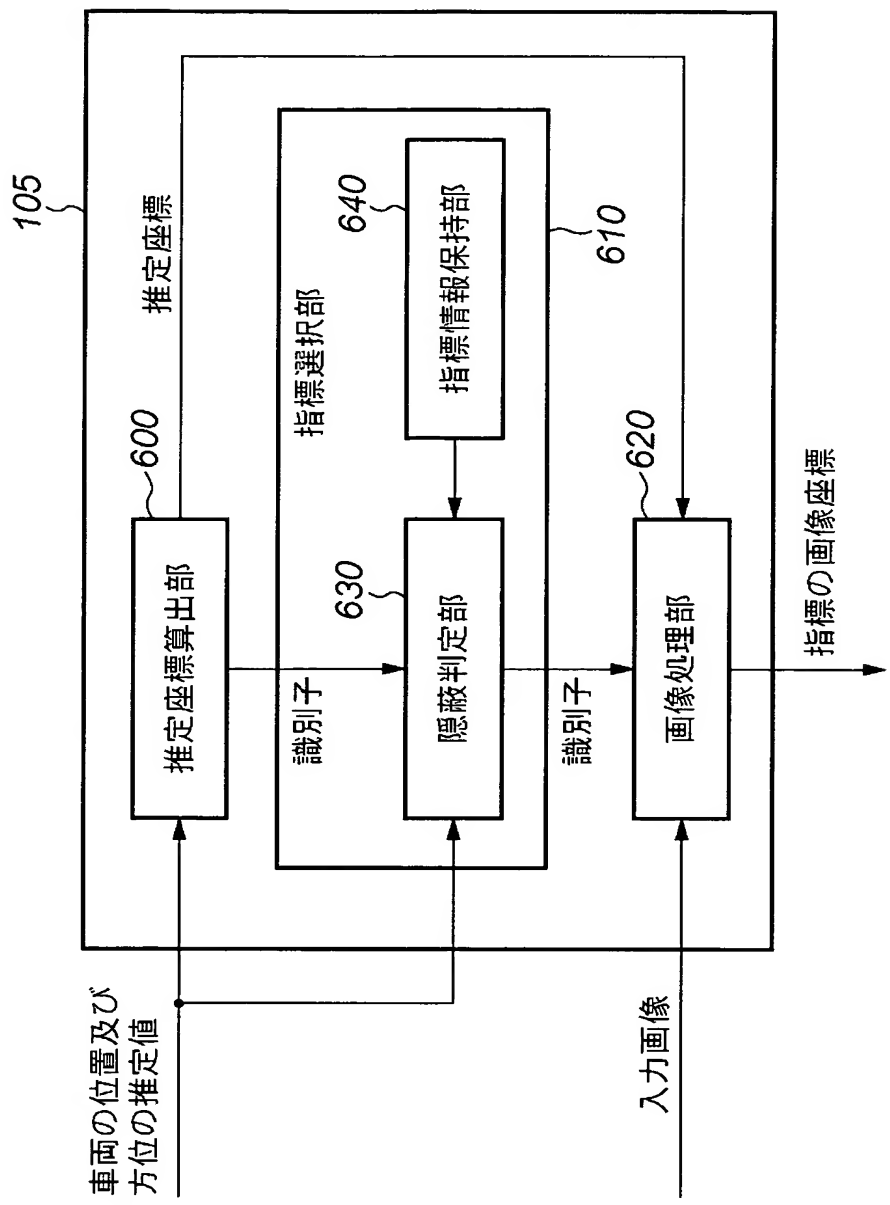
【図 4】



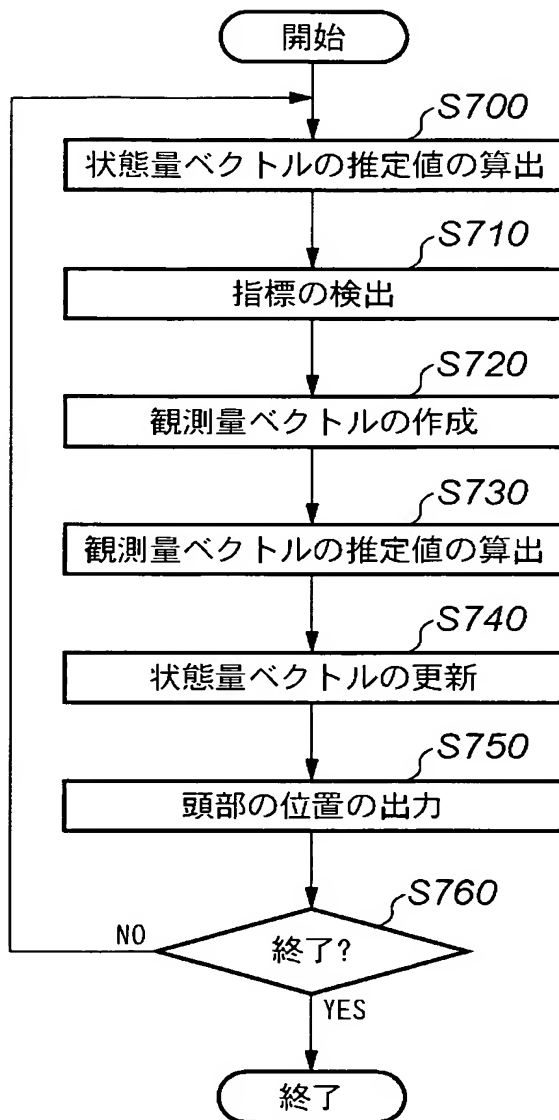
【図 5】



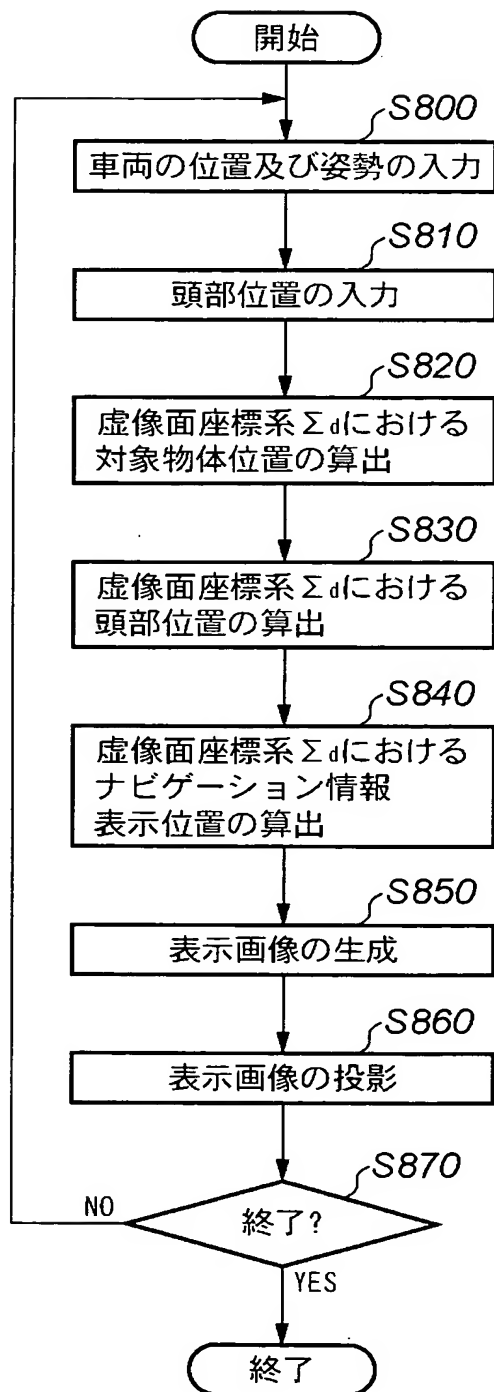
【図 6】



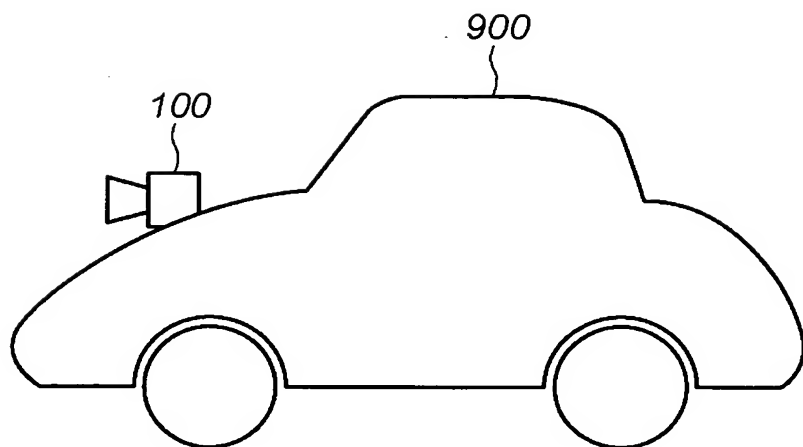
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 車両の位置及び方位と搭乗者の頭部の位置を正確に計測し、車両におけるナビゲーション情報を実シーン上の適切な位置に重畳して提示すること。

【解決手段】 外部指標検出部 1 0 5 はカメラ 1 0 0 が撮影した画像を入力し、実シーンに設定されている外部指標を検出する。回転速度計 1 1 0 は車両の両後輪の回転速度を計測する。車両計測部 1 2 0 は外部指標の画像座標と車両の両後輪の回転速度に基づいて車両の位置、方位を計測する。頭部指標検出部 1 3 5 はカメラ 1 3 0 が撮影した画像を入力し、搭乗者 1 3 2 の頭部に設定されている頭部指標を検出する。頭部計測部 1 4 0 は頭部指標の画像座標に基づいて頭部の位置を計測する。画像生成部 1 5 0 は車両の位置、方位と頭部の位置に基づいて、実シーンの所定の位置に所定のナビゲーション情報が重畳して観察されるように表示画像の生成を行い、プロジェクタ 1 6 0 によって投影する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 6 8 8 3 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名

キャノン株式会社